Zur

Kritik des Amphioxusauges.

Inaugural-Dissertation

der

naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Tübingen

vorgelegt von

Otto Nüsslin

z. Zt. Assistent am zoologischen Institut der Universität Tübingen.

Mit 2 Tafeln.

Tübingen, 1877.

Verlag von Albert Moser.

Ueber das Auge des Lanzettfisch's bestehen in der Literatur verschiedene und extreme Auffassungen, welche theilweise schon in die Zeiten Joh. Müller's zurückdatiren, aber erst in den vergangenen Jahren in schroffe Gegensätze übergegangen sind.

Mit gewissenhaftester Ausführlichkeit ist die gesammte ältere Literatur in der neuesten Behandlung dieses Gegenstandes von Hasse erörtert worden, wesshalb ich auf dessen Arbeit in Gegenbaur's morphol. Jahrbuch I. 2. 1875 betreffs der Literatur verweisen kann.

Wenn wir von denjenigen Beobachtungen älterer Zeit, welche mit Ausnahme ihrer Autoren von keinem Nachfolgenden bestätigt werden konnten — wie der complizirte optische Apparat, den Quatrefages [1]) angiebt, oder der Sehnerve Joh. Müller's [2]) und Kölliker's [3]) — absehen, handelt es sich heute um 3 Auffassungen.

Nach der am weitesten verbreiteten gilt ein Pigmentfleck, der am vorderen Ende des Centralnervenstranges ohne weitere optische Apparate gelegen ist, als Auge, während eine andere Anschauung, unter Andern von Stieda vertreten, den Pigmentfleck für bedeutungslos hält und dem Amphioxus ein Sehorgan abspricht,

---

1) Quatrefages. Sur l'amphioxus; Annales des sciences naturelles. III. Serie, tome IV. 1845.

2) Joh. Müller, Abhandlungen der Berliner Akademie 1842.

3) Kölliker, Müller's Archiv 1843.

eine dritte von Hasse aufgestellte endlich in einer epithelialen Differenzirung der äussern Haut das wahre Auge erblickt.

Diesen controversen Ansichten über den vorliegenden Gegenstand entsprechend, musste meine Untersuchung sich wesentlich der kritischen Methode bedienen.

Ich beginne zunächst mit der Prüfung der ersten Auffassung des Pigmentflecks als Auge.

Hier bestehen betreffs der thatsächlichen Verhältnisse von den Angaben des Entdeckers des Pigmentflecks, Retzius an, bis auf die neuesten ausführlichen von Wilh. Müller [1]) nur unvollständige Einzelbeobachtungen, obgleich sämmtliche Befunde vereinigt zum richtigen mit der Natur übereinstimmenden Resultate führen.

Während nämlich in der älteren Zeit die Frage diskutirt wurde, ob 2 paarig gelegene Flecken (Retzius, Joh. Müller, Kölliker) oder nur einer (M. Schultze [2]), Leuckart und Pagenstecher [3]), Owsjannikow [4])) vorhanden seien, in neuerer Zeit dagegen die, ob das Pigment nur im Epithel der Ventrikelvorderwand (W. Müller) oder nur zwischen Nervensubstanz und Hülle (Stieda [5]) seinen Sitz habe, streng alternativ erörtert

---

1) Ueber d. Stammesentwicklung d. Sehorgans d. Wirbelthiere in: Beitr. z. Anat. u. Physiol., als Festgabe C. Ludwig v. s. Schülern gewidmet. Leipz. 1874.

2) M. Schultze, Zeitschr. für wiss. Zoologie. Band III. 1852.

3) Müller's Archiv 1858.

4) Ueber das Centralnervensystem des Amphioxus. Bulletin de l'academie de St. Petersbourg tome VI. 1867.

5) Studien über Amphioxus lanc. Mémoires de l'academie de St. Petersb. Serie VII. tome XIX.

wird, beweist eine hinreichend umfassende Untersuchung, dass alle die genannten Befunde n e b e n einander bestehen können, und es liegt das Unrichtige jeder einzelnen Angabe nur in der zu ausschliesslichen intoleranten Fassung derselben.

Denn es zeigen Lage und Constitution des Hirnpigmentflecks, wie viele andere Theile des Lanzettfisch's, jenes sehr erhebliche Variiren, welches charakteristisch für Thiere (Organe) ist, die im Process des Werden's, im speciellen Falle in der rückschreitenden Metamorphose begriffen sind.

Im Verlaufe dieser Abhandlung werde ich noch auf die beträchtliche Variabilität anderer Organe zu sprechen kommen.

Das häufigste Vorkommen des Pigmentflecks ist das in den Figuren 4 und 5 angegebene, in welchen der Fleck einen mehr oder weniger concentrirten, nach aussen sich in einzelne Körnchen auflösenden Pigmentkörper darstellt und in der Mitte der Vorderwand des Ventrikels gelegen ist; jedoch sind die Verhältnisse durchaus nicht selten ganz anders.

Figur 8 zeigt den Zerfall des Pigmentflecks in 2 Theile, von denen der eine ausschliesslich im Epithel, der andere theilweise zwischen Epithel und Gehirnhülle (Entothel der Neurapophysen) gelegen ist; ausserdem vereinzelte Körnchen.

In Figur 9 gehört die Hauptpigmentmasse dem einen Arm des ersten Nervenpaares an, im andern liegen zerstreute Körperchen.

Figur 10 endlich zeigt eine hufeisenförmige Lage des Pigments in der Bucht zwischen dem Ursprung der

beiden Nervenarme und eine nach vorn wie hinten weit greifende Körnerzerstreuung.

Der Eintritt compakter Pigmentmassen in die Abgangsstellen der Arme des I. Nervenpaars ist geradezu eine häufige Erscheinung; sie wurde auch von Stieda beobachtet. Es beruht desshalb auf Irrthum, wenn Wilh. Müller mit grosser Entschiedenheit Stieda gegenüber hervorhebt, dass das Pigment ausschliesslich im Epithel der Ventrikelvorderwand gelegen sei.

Nach Feststellung der grossen Variabilität des Pigmentflecks, welche die zahlreichen Meinungsverschiedenheiten früherer Forscher erklärbar macht, möchten wohl die von Einzelnen an ihre Beobachtungen geknüpften Reflexionen, einiges Misstrauen erregen.

Vor Allen hat Wilh. Müller grössere Folgerungen aus seinem Befunde gezogen.

Er gelangte betreffs des Thatsächlichen zu dem Resultate, dass der Pigmentfleck ausschliesslich durch Pigmentirung der Epithelzellen der vordern Ventrikelwand zu Stande käme; dass er einen nach vorne zu convexen Meniskus darstelle, und in der Axe des Nervenrohrs am dichtesten sei, sich allmälig zur Peripherie zerstreuend.

Nach meinen Untersuchungen ergiebt sich, dass diese Schilderung in manchen Fällen zutrifft, aber durchaus nicht als Norm hingestellt werden darf.

W. Müller folgert aus seinem Befunde, dass bei Amphioxus ein Zustand des Sehorgans vorliege, wie er von den höheren Wirbelthieren frühzeitig in ihrer Ontogenie durchlaufen werde. Sein Hinweis auf einen Vogelembryo mit eben hervorgestülpten Augenblasen als ein

der Erklärung der Homologie beider Zustände nach dem Gesetze gleichzeitiger Vererbung zu Hilfe kommendes Bild, weckt jedoch mit Recht die Bedenken, dass beim Vogel die ersten Augenanlagen als hohle Hervorwölbungen, an denen der Hirnventrikel theilnimmt, ohne jegliches Pigment auftreten, während am Amphioxushirn weder von einer Hervorwölbung, noch von einer Theilnahme des Ventrikels an dieser Hervorwölbung die Rede sein kann. Ein Häufchen Pigment in der denkbar primitivsten Ventrikelwand des Amphioxus würde also den einzigen Vergleichungspunkt abgeben mit einem Entwicklungszustande des embryonalen Vogelhirns, aber mit einem viel späteren, als dem in der Figur W. Müllers dargestellten.

In der That ist das zu Hilfe gerufene Prinzip der gleichzeitigen Vererbung nicht nur nicht beweisend für die Annahme einer Homologie im vorliegenden Falle, sondern es wendet seine beweisende Kraft gerade gegen diese Auffassung; denn, so viel bekannt, ist bei allen Wirbelthieren das Auftreten von Pigment in dem sich entwickelnden Auge ein secundärer Process, welchem die vorherige vollständige Abschnürung des Auges vom Grosshirn vorangeht, wie ja W. Müller selbst in seiner schönen Behandlung des Sehorgans von Myxine (Seite XIX. 2. unterster Absatz) anführt.

Wenn ferner W. Müller seine Auffassung von der Bedeutung des Pigmentflecks als Auge durch dessen Lage an einer Vorderhirnblase stützt, indem er den einzigen vorhandenen Hirnventrikel dem Vorderhirn gleichsetzt und diese letztere Ansicht »auf die Lagerung des mit erweitertem Kanal versehenen Abschnittes des Cen-

tralnervensystems vor dem Ursprung des I. sensibeln und motorischen Nerven« gründet, und wenn er fortfährt: »beide Nerven enthalten ganz bestimmt Elemente, die in den Trigeminus der höheren Vertebraten übergehen; ein vor dem Trigeminus gelegener Abschnitt des Centralnervensystems kann aber nur einem Vorderhirn entsprechen«, so hat er, wie auch Langerhans bemerkt, das wirkliche erste Nervenpaar übersehen. Dieses erste Nervenpaar, mit einigen peripherischen Ganglienzellen in den Sinneszellen der Haut an der vordersten Spitze (Fig. 1. I') endigend, ist einem Trigeminusast analog und der Amphioxusventrikel liegt daher zwischen Trigeminuswurzeln und lässt sich nicht mit einer Vorderhirnblase in Homologie bringen.

Es möchte wohl hier am Platze sein, darauf aufmerksam zu machen, wie schwierig und gefährlich specielle Homologieschlüsse gerade bei Amphioxus sind. Allerdings darf der vordere Abschnitt des Centralnervensystems dieses Thieres, wie Joh. Müller gegenüber Goodsir und Rathke zum erstenmale geltend gemacht hat, mit dem Gesammthirn der übrigen Chordathiere homologisirt werden und zwar:

wegen der Erweiterung des Centralkanals an dieser Stelle,

der Verbindung mit der Wimpergrube,

der Entsendung der beiden mit peripherischen Ganglien versehenen Sinnesnerven I und II,

wegen der beträchtlichen Häufung und eigenthümlichen Lagerung von Ganglienzellen an der dorsalen hinter dem Ventrikel gelegenen Stelle [1]),

1) Stieda a. a. O. S. 42.

endlich wegen seiner Lage am vordersten Ende des centralen Nervensystems.

Allein ein specieller Vergleich mit einem besonderen Hirnabschnitt der übrigen Vertebraten ist völlig unzulässig, wie schon aus der ganz abweichenden Nervenentsendung hervorgeht.

Bemerkenswerth dürfte an dieser Stelle auch der Ausspruch Häckel's sein, welcher in seiner Schöpfungsgeschichte[1]) von dem Lanzettfischchen sagt: »Beine besitzt es nicht, und ebensowenig Kopf, Schädel und Gehirn«.

Die bisherigen Betrachtungen berechtigen uns wohl zu der Anerkennung folgender Hauptmomente betreffs des Pigmentflecks:

1) Die Pigmentirung des Vorderendes des Centralnervensystems ist weder an eine bestimmte Form noch an eine bestimmte Lage gebunden;

bald concentrirt sie sich in einem oder mehreren Häufchen, bald löst sie sich in ganz wechselvolle Formen auf; hier wird sie von dem geschichteten Epithel der Ventrikelvorderwand, dort von den Hüllen des Gehirns oder der Nervenanfänge getragen.

2) Die Vorderwand des Hirnventrikels lässt an der Stelle der Pigmentirung niemals eine Verdickung oder gar eine blasenartige (hohle) Wölbung wahrnehmen, niemals Bildungen, welche an irgend einen embryonalen Zustand des Auges der Cranioten erinnern könnten.

3) Der einzige Amphioxusventrikel ist zwischen zwei mit Trigeminusästen der Cranioten analogen Nerven

1) 5. Auflage S. 508.

gelegen, die Pigmentirung seiner Vorderwand ist daher ein mit Zuständen der Cranioten völlig unvergleichbares Faktum.

Hiermit sind jegliche Beziehungen zu den Verhältnissen des Sehorgans bei den übrigen Wirbelthieren abgebrochen und es darf desshalb die Auffassung des Hirnpigmentflecks als Auge, solange keine embryologischen Thatsachen hierzu führen, nicht auf Homologien mit den Cranioten gestützt werden.

Als einzige Analogie aus dem Typus der Wirbelthiere wäre höchstens die Art und Weise aufzufassen, in welcher sich nach Max Schultze [1]) das Auge von Petromyzon Planeri zuerst als einfacher Pigmentfleck entwickelt. Damit steht jedoch Owsjannikoffs [2]) Beobachtung über die Entwickelung von Petromyzon fluviatilis in Widerspruch und können wir daher auf Max Schultze's Angabe als nicht zweifellos sicherstehend nicht weiter eingehen, um so mehr, als nach ihm der Pigmentfleck bei P. Planeri unter der Haut liegt und vom Vorderhirn durch einen wenn auch kleinen Zwischenraum getrennt ist; ein Verhalten, das mit dem für Amphioxus geschilderten kaum Etwas gemeinsam hat.

Ein Vergleich desselben mit einfachsten Pigmentaugen bei Wirbellosen (Würmern, Arthropoden) aber ist einstweilen desshalb unzulässig, weil Homologien zwischen der Organisation des Nervensystems der Wirbelthiere und Wirbellosen noch in keiner Weise sicher gestellt sind.

---

1) Max Schultze, die Entwickelungsgeschichte von Petromyzon Planeri Haarlem 1856.

2) Owsjannikoff (Mélanges biologiques de l'Acad. de St. Petersb. T. VII. S. 188. 1869).

Wer daher trotzdem den Hirnpigmentfleck als Auge angesehen wissen will, darf ihn nur als eine neue Anpassung des Amphioxus auffassen; doch ist hiergegen vor Allem geltend zu machen, dass ein solches wirksames von äusserm Epithel, von der Cutis und dem Unterhautgewebe umhülltes an keine bestimmte Form und Lage gebundenes Auge in dem ganzen Thierreich nichts Annäherndes findet, und wir daher mit dieser Auffassung den Boden unserer thatsächlichen Erfahrungen verlassen würden.

Es ist noch wichtig, daran zu erinnern, dass längs des ganzen Rückenmarcks mit regellosen Unterbrechungen in der Gegend des Centralkanals eine Art Pigmentirung vorkommt, welche in keinerlei Vorkommnissen bei den Cranioten ein Analogon findet.

Auch im Rückenmark erscheint das Pigment bald in grösseren Klümpchen, bald zerstreut, sehr oft auf dem optischen Querschnitt halbmondförmig (wohl desshalb, weil es in der bindegewebigen Umhüllung von Ganglienzellen gelegen ist, wofür auch Isolirungspräparate sprechen).

W. Müller hebt zum Zweck des Nachweises eines Unterschiedes dieses Rückenmarkspigments von dem Hirnpigmentfleck mit Nachdruck hervor, dass dem ersteren durch Alkalien ein blauer Farbstoff entzogen werden kann, dem letzteren aber nicht; so auffallend dieser Unterschied auch sein mag, kann er doch betreffs der Augenfrage in keinerlei Weise auf die Spur leiten.

Mir erscheint diese Differenz sehr unwesentlich, gegenüber der Thatsache, dass bei Amphioxus sowohl im Hirn als im Rückenmark übereinstimmend eine Pig-

mentirung vorkommt, welche allen übrigen Cranioten fehlt.

Nach diesen Erörterungen darf ich wohl zum Hasse-schen Auge übergehen. Seine Auffassung hat Hasse im morphologischen Jahrbuch I. 1875 auseinander gesetzt und ist kurz gefasst zu folgendem Resultat gekommen:

Amphioxus besitzt in den seitlichen Gruben des vordersten Körperendes zwischen Chordaende und Mundöffnung (und, jedoch weniger constant, in derselben Gegend oberhalb der Chorda) eine meist scharf umschriebene Stelle, innerhalb derer die Epithelzellen umgewandelt sind: sie erscheinen dunkler, weil in ihnen die paraplastische Umwandlung des peripherisch gelegenen Protoplasma's nicht so weit geschritten ist, als in den Zellen der übrigen Körperoberfläche; zugleich lassen sich innerhalb des Gebiets zweierlei Zellformen nachweisen:

1) solche, die mit gewöhnlicher Cutikula versehen, den übrigen Epithelzellen gleichgebildet sind;

2) solche mit kegelförmiger Cutikula und starkem Lichtbrechungsvermögen, meist in die der vorigen Gruppe eingesprengt und im Centrum der Stelle zu 6—8 stehend, wobei alsdann die mittlere die grösste ist. Diese Verhältnisse sollen beim Südseeamphioxus constanter und ausgeprägter auftreten als beim europäischen.

Die Punkte, durch welche Hasse seine Ansicht zu stützen sucht, werden im Laufe meiner Kritik dieses Sehorgans erörtert und geprüft werden. Was diese betrifft, so habe ich vor Allem zu bekennen, dass es mir weder durch Untersuchung lebender Thiere, noch durch Isolirungsmethoden gelingen konnte, die Hasse'sche Stelle

und die darauf beschriebenen Zellumwandlungen zu finden und dadurch zu bestätigen, wonach ich mich in derselben Lage befinde wie Langerhans (s. dessen Nachtrag), obgleich ich gerade mit Rücksicht auf das sog. Hasse'sche Auge viele Dutzende lebender Thiere von 1,5—6$^{cm.}$ Länge der Untersuchung zu Grunde gelegt habe.

Jedoch zu diesem nur negirenden Resultate vermag ich noch einige beobachtete Thatsachen anzureihen, welche wohl in den Stand setzen möchten, einen etwaigen Irrthum Hasse's erklärbar zu machen.

Als wichtigste Thatsache ist zunächst für die Epithelzellen, wie oben für den Pigmentfleck, eine grosse Variabilität zu constatiren und zwar gilt dies vom Epithelbeleg der ganzen Körperoberfläche. An Höhe und Breite je nach der Körperstelle und nach der Grösse des Thieres erheblich schwankend, zeigen zunächst die gewöhnlichen Epithelien interessante Verschiedenheiten, die namentlich das Verhältniss des innern, vom flüssigen oder künstlich geronnenem Protoplasma sammt Kern erfüllten Lumens zum peripherischen festen Theil der Zelle betreffen.

Die von mir gemessenen Zahlen beziehen sich auf das Vorderende und ergaben für kleinere circa 2$^{cm.}$ lange Thiere eine Zellhöhe von 0,0123—0,0105 Mm., eine Zellbreite von 0,0079—0,0028 Mm., für den Kern einen Durchmesser von 0,0020 bis 0,0050; für grössere 4$^{cm.}$ lange Thiere dagegen eine Zellhöhe von circa 0,018 u. s. w.

Die Figur 1 enthält an der untern Kante die wesentlichsten Formen in der Vergrösserung 500:1.

In den Zellen 1 und 2 erscheint ein grosses in-

neres Lumen, während der feste peripherische Theil mit Ausnahme des Cuticularsaums auf ein Minimum reduzirt ist; entgegengesetzt hievon verhalten sich die Zellen 7, 8 und 10 oder gar 6 und 3, bei welch' letzteren das innere Lumen fast geschwunden ist.

Die histologische Erklärung dieses wechselnden Verhältnisses zwischen Lumen und fester Peripherie findet Hasse in der Annahme einer Umwandlung des peripherisch gelegenen Protoplasma's zu einer festen sogen. paraplastischen Masse, nach der Auffassung von Kupffer, der diese Theorie in einem Vortrage über »die Differenzirung des Protoplasma's in den Zellen« [1]) aufgestellt hat.

Eine andere Erklärung giebt, wie Hasse mittheilt, Quatrefages, indem dieser die Zellhaut sich verdicken lässt. Die von mir gezeichneten Zellen lassen diese merkwürdige Erscheinung in allmählich in einander übergehenden Formen erkennen, daher nicht von 2 in diesen Eigenschaften extremen Zellformen gesprochen werden darf, wie es Hasse will, wenn er für sein Auge dunkle (nicht paraplastisch umgewandelte), für die übrige Oberfläche des Körpers aber helle, d. h. solche mit reduzirterem Lumen annimmt.

Jedoch viel bedeutungsvoller tritt seiner Ansicht der Umstand entgegen, dass die erwähnten Zellformen auch an andern Stellen des Körpers bunt durcheinander vorkommen.

Weitere Variationen der gewöhnlichen Epithelzellen betreffen die Höhe des meist deutlich gestreiften Cutiku-

---

1) Gehalten im physiologischen Verein zu Kiel 1875.

larsaums, wie sich bei Durchmusterung der gezeichneten Zellen ergiebt; ferner ist die Pigmentirung der Zellen den grössten Schwankungen unterworfen, indem bald einzelne Körnchen peripherisch zerstreut sind, bald das ganze Lumen der Zelle dicht mit Pigment angefüllt ist. (Figur 1. Flächenansicht der Epithelzellen).

Der Zellkern variirt in der Grösse und Form sowie in der Lage:

in 1 überaus gross 0,005 Mm. und kugelig, zeigt er sich in 2 stäbchenförmig und der Wand der einen Seite angelegt; in 8 und 9 ebenfalls stäbchenförmig, aber der Basis aufliegend; in 3 und 6 erscheint er endlich in der untern, festgewordenen Zellhälfte verborgen.

Sehr bemerkenswerth und häufig vorkommend sind kugelförmige oder scheibenartige Aufsätze auf dem Cutikularsaum (4 und 5), deren Anwesenheit sich auch durch die Flächenansicht lebender Thiere leicht bestätigen lässt, indem sie bei höchster Einstellung des Tubus als kleine Körnchen erscheinen.

Diese letztere Erscheinung, welche auch wieder an der ganzen Körperoberfläche stellenweise getroffen wird, könnte wohl in physiologischen Eigenschaften der Epithelzellen ihre Erklärung finden, wenn angenommen würde, dass dieselben eine schleimige Flüssigkeit absondern, welche die Oberfläche des Thiers schlüpfrig macht; für diese Auffassung scheinen ausser diesen Aufsätzen zu sprechen:

1) die oft sehr deutlichen Poren des Cutikularsaums;

2) die Veränderlichkeit in der Grösse des innern flüssigen Lumens der Zelle;

3) der häufig an lebenden Thieren an der ganzen Oberfläche zu beobachtende, in röthlichem Schimmer das Licht stark brechende Glanz von Zellparthien oder Interzellularstreifen, welcher bei andauernder Beobachtung einer Stelle verschwindet, um anderswo zu entstehen.

Ausser diesen gewöhnlichen Epithelien treten als bemerkenswerthe, ebenfalls in der Form sehr variirende Epithelialgebilde über die ganze Körperoberfläche zerstreut, die sogen. »Fühlzellen« auf, die diesen Namen Langerhans, der sie zum erstenmal unzweideutig erkannt hat, verdanken. Nach diesem Forscher, der uns die wichtigsten Aufschlüsse über den feineren histologischen Bau vieler Organe des Amphioxus gegeben hat, enden in diesen Fühlzellen die Sinnesnerven der Haut.

Da es mir gelungen ist, manches feinere Detail der Langerhans'schen Arbeit zu bestätigen, wie aus der näheren Erklärung meiner Figur 1 hervorgehen wird, hege ich zu der Auffassung von Langerhans betreffs der Endigung der Sinnesnerven in den Fühlzellen alles Vertrauen, obgleich ich den thatsächlichen Zusammenhang beider niemals erblicken konnte.

So verschieden die Gestalt dieser Fühlzellen erscheint, wie die Figur 1 in den Zellen 11 bis 17 angiebt, immer sitzt ihnen ein feines Haar auf, dessen Ende zart ist; ihre Länge misst circa 0,022 Mm., wodurch sie weit über das gewöhnliche Epithel emporragen.

Um diese Zellgebilde wahrzunehmen, werden am besten kleine Thiere lebend auf den Objektträger gebracht und am Saume ihres Vorderendes durchmustert: man sieht dann meist deutlich einzelne Härchen über

den Saum hervorragen, oft mit knopfartigen Verdickungen an der Basis; aber auch die Flächenansicht von oben lässt sie bei höherer Einstellung erkennen; es genügt zu ihrer Wahrnehmung eine 300fache Vergrösserung. Unzweifelhaft hat sie auch Hasse gesehen (S. 295); da ihm jedoch bloss in Alkohol gehärtete Thiere zur Verfügung standen, bleibt er schwankend in der Alternative zwischen fadenförmigen Sinnesorganen und Kunstprodukten der Erhärtungsflüssigkeit.

Eine sehr merkwürdige Thatsache ist das Auftreten von pigmentirten Zellen, welche, falls sie überhaupt vorkommen, auf das vordere Ende der Thiere beschränkt sind; dasselbe ist innerhalb seines Verbreitungsgebietes den namhaftesten Schwankungen unterworfen und als einzige Regel, welche die vielen von mir durchmusterten Thiere ergaben, stellte sich die Abhängigkeit der Pigmentirung von der Grösse der Thiere heraus; während kleine, $1{,}5-2{,}5^{cm.}$ messende Exemplare fast immer lebhaft gefleckt sind, erschienen die grossen $5^{cm.}$ langen meist pigmentlos; oder wenn sie Pigment enthalten, sind doch die Zellen so spärlich damit erfüllt, dass die Flecken kaum einen hellbräunlichen Schimmer zeigen.

Die extremsten Fälle äusserst starker und weit verbreiteter Pigmentflecke sind daher nur bei kleinen Thieren zu finden; ein solches Vorkommen ist in der Figur 3 angegeben.

Von vielen Dutzenden durchmusterter Amphioxus habe ich niemals ein grosses Exemplar von circa $5^{cm.}$ Länge dunkel und deutlich pigmentirt gefunden; woraus hervorzugehen scheint, dass die Pigmentirung eine rudimentäre in rückschreitender Entwickelung begriffene

Erscheinung ist, beziehungsweise, dass sie früher der Ausdehnung und Intensität nach stärker entwickelt war.

Diese Auffassung scheint das Hasse'sche Auge sehr zu stützen, namentlich im Verein mit der Thatsache, dass (nach Hasse) beim Südseeamphioxus die Pigmentflecke constanter und intensiver auftreten als beim europäischen — der Südseeamphioxus müsste hiernach als eine lokale und weniger regressiv veränderte Varietät aufgefasst werden — doch dürften sich diese Variationen der Pigmentflecke nach Alter der Thiere und ihrem Aufenthalte auch ohne die Annahme eines Pigmentauges durch folgende Betrachtung einfach erklären lassen.

Zunächst lässt sich beobachten, dass die in Gefangenschaft gehaltenen Thiere, denen man den Boden ihres Gefässes mit Kies bedeckte, alsbald, wenn sie sich ungefährdet glauben, ihr Vorderende über den Kies emporstrecken, um unter dem Spiel der Cirren des Mundes die Nahrung in Kiemenkorb und Darm aufzunehmen, wodurch sie allein am Vorderende noch zeitweise der Wirkung des Lichtes ausgesetzt sind. Dürfen wir nun annehmen — und diese Annahme erscheint nicht willkührlich — dass die Amphioxus in früheren Zeiten frei umherschwammen und zu jener Zeit an der ganzen Körperoberfläche Pigment enthielten, wie wir solches bei allen Thieren an den dem Lichte ausgesetzten Stellen der Haut antreffen, so erweist sich die jetzt so sehr reduzirte und variable Pigmentirung der Kopfflosse als ein Ueberbleibsel einer einst allgemeinen Körperfärbung, die in dem Maasse zurückgetreten ist, als die Thiere durch die neu erworbene Lebensweise

des Vergrabens ihres Körpers in den Sand, die Oberfläche des letzteren dem Einfluss des Lichtes entzogen.

Die grosse Variabilität der noch übrig gebliebenen Pigmentflecke deutet wohl im Allgemeinen auf einen schwachen und unentschiedenen wie im Besonderen von der Pflanzenbedeckung und Meerestiefe abhängigen Einfluss des Lichtes auf die aus dem Meeresgrunde hervorragenden Thiere.

Auch bei intensivster Pigmentirung (Figur 3) erscheint dieselbe nicht zusammenhängend, sondern in Gruppen aufgelöst, die durch völlig farblose Parthien unterbrochen sind.

In den einzelnen Pigmentgruppen finden sich dann die manchfachsten Schattirungen, sehr lebhafte abwechselnd mit matten; niemals lässt sich jedoch eine bestimmte, regelmässige Anordnung wahrnehmen.

Tief braune Zellen können ebenso am Rande der Gruppe wie in den mittleren Parthien stehen, und häufig mischen sich pigmentlose einzeln oder gruppenweise darunter.

Wenn alsdann solche farblose Zellen zufällig von einem geschlossenen Kranze tief braun gefärbter umgeben sind, so erscheinen die innern Zellen besonders gross, theils aus rein physikalischen Gründen, theils wegen der geringeren Flächengrösse des Pigmentpolygon's, welches den Umfang der braunen Zelle vortäuscht; und es bedarf nur noch der Voraussetzung, dass unter den hellen Zellen solche mit sehr engem Lumen oder gar solche mit ausgeschiedenen der Cuticula aufsitzenden Scheiben oder Körnern vertreten seien, um vollständig

denselben Eindruck hervorzurufenen, welchen die Beschreibung des Hasse'schen Auges macht.

Aber sorgfältige Beobachtung frischer Thiere, die erschöpfende Durchmusterung von Zellen der verschiedensten Körperstellen, die in schonender Weise mit Jodserum oder besser nach Langerhans durch $^1/_2$ bis 2stündige Einwirkung 0,3 prozentiger Ueberosmiumsäure und nachherige 2tägige Mazeration in verdünntem Glycerin isolirt wurden — ferner die Berücksichtigung des Variirens der Zellen auf der ganzen Körperoberfläche, welche wohl mit physiologischen Prozessen zusammenhängen, lassen kaum Zweifel darüber, dass die Ansicht Hasse's es seien zwei begrenzte Bezirke der Epidermis des Amphioxus als Auge wirksam, auf einem Irrthum beruht, der, wie auch Langerhans im Nachtrag zu seiner Arbeit sich ausspricht, der ausschliesslichen Verwendung von Alkoholexemplaren von Seiten jenes Forschers zugeschrieben werden muss.

Auch die indirekten Beweismittel, welche Hasse für sein Auge in's Feld führt, verlieren bei näherer Betrachtung ihre Bedeutung.

Wenn Hasse besonderes Gewicht darauf legt, dass das von ihm angenommene Auge sich nicht über den Bereich des II. Nervenpaars erstreckt, — wenn er darin ein engstes Verhältniss zwischen beiden erblickt und letzteres als Opticus auffasst, so ist dem entgegen zu halten, dass das II. Nervenpaar fast die ganze Kopfflosse versorgt, dass seine feinsten Endfasern, welche meist von peripherischen Ganglienzellen ausgehen, nach der Entdeckung von Langerhans mit den zahlreichen Fühlzellen in Verbindung treten, woraus wohl folgt, dass

die ausschliessliche Inanspruchnahme des II. Nervenpaars als Opticus für das Hasse'sche Auge unstatthaft ist.

Wenn Hasse ferner unter Zuhilfenahme der Entwickelungsgeschichte sagt: »Jedenfalls geht aus diesen Zeichnungen (von Leuckart und Pagenstecher) [1]) und aus denen von Kowalewsky hervor, dass die Lage dieses Organs oder Zellenkomplexes dieselbe ist, wie die des Pigmentflecks. Immer liegen dieselben, wie hervorgehoben, unter und etwas nach vorn von demjenigen Theile der Chorda, welcher das Gehirnende trägt und vor und oberhalb der Mundöffnung etc.«, so muss des Näheren auf diese Zeichnungen aufmerksam gemacht werden.

Kowalewsky's Wimperscheibe des embryonalen Amphioxus liegt auf seinen ersten Figuren weit hinter dem vordern Ende des centralen Nervensystems; auf der letzten Figur, welche dieselbe noch enthält, ist sie vorgerückt bis zum Ende desselben, bis zur Gegend der Wimpergrube. Gleichgiltig, ob es sich in dieser Lagenveränderung um thatsächliche Verhältnisse oder ungenaue Zeichnungen handelt, wird es vor Allem geboten sein, dieses scheibenförmige wimpernde Sinnesorgan Kowalewsky's mit der Wimpergrube des erwachsenen Thieres in Zusammenhang zu bringen, wie auch Langerhans will, anstatt mit einer Gruppe lichtbrechender (pigmentirter) Zellen, deren Entstehung aus einer wimpernden Scheibe räthselhaft wäre.

Sicher darf auf Kowalewsky's Abbildungen in diesem Punkte kein besonderes Gewicht gelegt werden,

1) Fig. 1 und 2 Müller's Archiv 1858.

da in denjenigen derselben, welche spätere Entwicklungszustände darstellen, die Scheibe verschwindet, ohne dass der Text darüber etwas bemerkte.

Dasselbe gilt wohl für den auf Leuckart und Pagenstecher's Figur 1 gezeichneten dunkeln Fleck, über den im Texte nichts gesagt ist und welcher ausserdem auf Figur 2, welche die der ersteren fehlende Riechgrube enthält, nicht zu bemerken ist.

Also die entwickelungsgeschichtlichen Resultate vermögen ebenso wenig wie das angenommene innige Verhältniss zum II. Nervenpaare dem Hasse'schen Auge zu Hilfe zu kommen.

Nachdem ich nun einerseits versucht habe, die Bedenken zu begründen, welche gegen die bisher fast ausschliesslich angenommene Auffassung des Hirnpigmentflecks als Auge, eingewendet werden müssen, während es mir andererseits nicht gelungen ist, die Richtigkeit des Hasse'schen Resultates zu bestätigen, vielmehr meine Beobachtungen dagegen sprechen, bleibt mir nichts Anderes übrig, als für Amphioxus die Existenz eines differenzirten Auges zu verneinen.

Aber als eine nicht abzuweisende Thatsache tritt hier kritisch entgegen, dass Amphioxus Lichtempfindung besitzt; von mehreren früheren Beobachtern bereits erwähnt, ist diese Thatsache zuletzt noch von Wilhelm Müller bestätigt worden, und auch ich bin durch eigens darauf gerichtete Versuche zu demselben Resultate gekommen.

Meine Amphioxus, die ich längere Zeit in offenen Glasschalen in der Gefangenschaft hielt, gingen gern nach einiger Zeit auch am hellen Tage (besonders wenn

ihrer sehr viele im Gefässe waren und das Wasser nicht erneuert wurde) über die Kieslage, welche den Boden ihres Gefässes deckte; sie zeigten sich dabei nicht scheu und gestatteten sogar, dass man sachte mit einem Stabe ihnen im Wasser näher kam, offenbar weil sie den nahenden Gegenstand nicht sahen.

Bedeckt man am hellen Tage das Gefäss etwa mit einer kleinen Schublade und hebt dann vorsichtig, ohne den Tastsinn der Thiere zu reizen, die Lade, so verschwinden sie meist a tempo im Kiese.

Untersuchungen des Nachts mit künstlicher Beleuchtung beweisen den sehr schwachen Grad der Lichtempfindung, denn die Thiere müssen, um verscheucht zu werden, alsdann schon mit sehr intensivem Lichte (Magnesium) und Linse beleuchtet werden.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass ich eine sehr schwache Lichtempfindung für Amphioxus bestätigen kann. Die sich nun zum Schlusse ergebende höchst interessante Frage nach dem Sitze dieser schwachen Lichtempfindung führt uns in ein dunkles Gebiet der heutigen Physiologie; jedoch ist zu erwarten, dass mit einer Zunahme der Anwendung des vergleichenden Princips in dieser Wissenschaft auch über das Wesen der ersten Anfänge specifischer Sinnesempfindungen und deren Anforderungen an materielle percipirende Elemente mehr Licht verbreitet werde.

Die zahlreichen Forschungen Leydig's über Sinnesorgane Wirbelloser, die Arbeiten Ranke's [1]) aus neuester Zeit gestatten Anknüpfungspunkte für die Verhält-

1) Zeitschrift für wiss. Zoologie 1875.

nisse bei Amphioxus. Leydig[1]) sagt betreffs der becherförmigen Organe und Augen des Blutegel: »Gleichwie die Tastempfindung die allgemeinste gleichsam die unterste Sinnesempfindung ist, aus der sich durch vervollkommete Apparate die specifischen Sinne erheben, so erscheint bei dem Blutegel das Auge auch nur eine höhere Stufe in der Organisation eben dieser Tastorgane vorzustellen«[2]).

In etwas anderem Sinne spricht sich Ranke (s. oben) am Schlusse seiner Arbeit über das Auge des Blutegel aus; er sagt:

»Vielleicht klingt es darnach nicht mehr so unverständlich, wenn wir annehmen, dass die Gesichtsempfindung des Blutegels, seinen Lebensbedingungen angepasst, noch etwas von einer Tastempfindung und Geschmacksempfindung in sich trägt«[3]).

Rekapituliren wir nun, von der Wimpergrube (dem Köllikerschen Riechorgan) absehend, die geschilderten Verhältnisse der Sinnesorgane des Amphioxus, so sahen wir, dass sich an seiner ganzen Körperoberfläche zerstreute »Fühlzellen« finden, in welchen nach Langerhans die Hautnerven endigen; dass ferner im Bereich des I. und II. Nerven (aber nur hier) Ganglienzellen peripherisch interpolirt sind, und dass diese beiden Nervenpaare an dem etwas differenzirten Vorderende des Centralnervensystems, dem sogen. Gehirn entspringen.

1) Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv für Anatomie und Physiologie 1861.

2) a. a. O. pag. 603.

3) a. a. O. pag. 162, 2 Abs.

Hierin liegt ein thatsächlicher Unterschied des Vorderendes von der übrigen Körperoberfläche, welcher mit Nachdruck hervorgehoben und als eine Differenzirung aufgefasst werden muss.

Da nun keine specifischen Organe der Lichtempfindung nachgewiesen werden können, sind wir auf die Annahme hingewiesen, dass der geringe Grad der Lichtempfindung des Amphioxus seinen Sitz in der durch Interpolation von Ganglienzellen complicirter gestalteten Nervenendigung der Kopfflosse habe, welche Annahme dadurch gestützt wird, dass diese Körpergegend wegen der Lebensweise des Thieres für Lichtempfindung allein zugänglich sein kann.

Dürfen wir diese Ansicht festhalten, so hat sich auch bei Amphioxus das Vermögen der Lichtempfindung und zwar der denkbar primitivsten aus dem allgemeineren und gröberen Tastsinn entwickelt, ebenso das Organ zur Aufnahme der Lichtempfindung durch Differenzirung (Interpolation von Ganglienzellen etc.) aus der allgemeinen Nervenendigung der Haut.

Wie aus der Figur 1 entnommen werden kann, laufen von den peripherischen Ganglienzellen meist mehrere Endfädchen zur Cutis; jeder mit Ganglienzellen versehene Nerv wird daher ein grösseres und feineres Empfindungsvermögen besitzen, indem von den zahlreichen Endfädchen die Reize sich in den peripheren Ganglienzellen ansammeln und verstärken [1]).

In dieser Weise liesse sich wohl verstehen, dass das

---

1) Vgl. W. Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie S. 345.

mit feinerem Empfindungsvermögen ausgestattete Vorderende auch relativ feinere Reize auslösen könnte, also die intensivsten Lichtreize, welche in Verhältniss zu den mechanischen Berührungsreizen schon als feine zu gelten haben.

Wenn diese Betrachtungen gerechtfertigt sind, würden die Apparate für die Empfindung starker Licht- und Tastreize sich nur durch den Intensitätsgrad des Empfindungsvermögens unterscheiden, und es würden danach bei Amphioxus die genannten Sinnesqualitäten in einander übergehen.

Dazu müssten wir wohl consequenter Weise zwischen diese beiden in einander übergehenden Qualitäten der extremen Tast- und Lichtempfindung, für deren Existenz uns thatsächliche Erfahrungen zur Seite stehen, auch das Empfindungsvermögen für gewisse Schallreize einschalten, weil dieser Sinn auch bei der ausgeprägtesten Differenzirung der Specialsinne dem Getast viel näher steht als das Empfindungsvermögen für Lichtreize; leider ist jedoch über das Vorhandensein von Schallempfindungen bei Amphioxus Nichts bekannt.

Es wäre daher wohl möglich, durch genaue physiologische Untersuchungen über das Empfindungsvermögen des Amphioxus den genannten 3 Reizen gegenüber dieser interessanten Frage näher zu rücken.

Mein schliessliches Resultat über den Sitz der überaus schwachen Lichtempfindung des Amphioxus ist ein rein hypothetisches: soviel scheint mir jedoch nach den gegebenen Erörterungen zu folgen, dass ein specifisches Sehorgan nicht angenommen werden darf, sondern dass wir in dem differenzirten Nervenendapparat der Kopf-

flosse den Sitz für die relativ feineren Sinnesempfindungen, vor Allem für die vorhandene Lichtempfindung zu suchen haben.

Möglicherweise vermittelt jedoch dieser Apparat auch die Empfindung gewisser Schallreize.

Was die ausschliesslich chemischen Sinne betrifft, so bezeichnet man seit Kölliker die Wimpergrube als Riechorgan; als Organ des Geschmackssinns könnte wohl das Wimperorgan der Mundhöhle, welches schon Joh. Müller bekannt war, aufgefasst werden.

Meine Auffassung über den Sitz der Lichtempfindung nähert sich schliesslich insofern wieder der Hasse'schen, als beide ein epitheliales Gebilde zu Grunde legen, und die theoretischen Folgerungen Hasse's bezüglich der Stellung des Amphioxus in dem Thierreiche werden sonach durch mein Ergebniss nicht alterirt.

Die vorliegende Untersuchung habe ich gelegentlich eines Aufenthaltes an der zoologischen Station des Herrn Dr. Dohrn in Neapel unternommen, wo mir in den Monaten März und April das reichhaltigste Material zur Verfügung stand.

Herr Professor Eimer war so freundlich, mich auf dieses Thema aufmerksam zu machen, und ich ergreife hier gern die Gelegenheit, ihm öffentlich meinen Dank zu sagen für das wohlwollende Entgegenkommen, mit welchem er von Anfang an meine zoologischen Bestrebungen unterstützt hat.

Tübingen, 12. November 1876.

Nähere Erklärung der Tafeln.

Figur 1. Vorderes Ende des Amphioxus lanceolatus auf der rechten Fläche liegend, im Maasstabe $^{200}/_{1}$ nach einem Präparate gezeichnet, welches in der Art gewonnen wurde, dass das abgeschnittene Vorderende so lange in Jodserum der Maceration ausgesetzt lag, bis sich die Epithelzellen leicht abpinseln liessen; hierdurch konnte grosse Durchsichtigkeit erreicht werden, während durch Carminfärbung zugleich Kerne und Axencylinder besonders scharf hervortraten.

Die Einzelheiten oberhalb der Chorda sind ebenfalls im Maasstabe von 200:1, diejenigen unterhalb und an ihrer Spitze aber im Maasstabe von 500:1 ausgeführt.

Zunächst vor dem ersten Muskelsegment (m) erscheint über der Chorda gelegen das Vorderende des Centralnervensystems (n) mit dem durchschimmernden Ventrikel und seiner Fortsetzung zur Wimpergrube; vor ihm liegt in seiner Vorderwand der Hirnpigmentfleck, das sogen. Auge; bei I entspringt das erste, bei II (oben) das zweite Nervenpaar, welches letztere sich gleich am Ursprung jederseits in 2 starke Aeste theilt.

Die peripherische Endigung des ersten Nervenpaars ist für den linken Arm desselben durch die Klammer I' angegeben; alle übrigen Aeste und peripherischen Ganglienzellen gehören dem II. Nervenpaare an, und zwar ist blos der oberste Ast des linken Armes desselben näher ausgeführt. Ganglienzellen finden sich nicht nur peripherisch,

sondern auch mitten im Verlauf der Nerven, besonders an Theilungsstellen eingeschaltet.

Von den peripherischen Ganglienzellen entspringen die zarten Fädchen, welche die Cutis durchbrechen (s. unten bei X).

Oberhalb des Centralnervenrohrs erstreckt sich der Hauptgang des sogen. elastischen Kammersystems oder Flossenstützsystems (e), welches sich nach vornen längs der Chorda fortsetzt, wobei die Kammern immer niederer werden.

Von diesen letzteren Kammern entspringen die eigentlichen Unterhautkanäle, schief von vornen nach hinten verlaufend, mit Anschwellungen beginnend, sich im Laufe ihrer Verbreitung häufig vereinigend, bis sie schliesslich in wenigen Kanälen zusammengekommen sind, die oberhalb des Kammersystems in der Länge des Körpers verlaufen und dabei von Stelle zu Stelle durch Verbindungsäste kommuniziren.

Die vom vordersten Ende frei entspringenden Kanäle verstreichen direkt unter die Cutis und vereinigen sich schliesslich mit den Hauptkanälen.

Ueberall ist dieses Kanalsystem mit Entothel ausgekleidet, dessen Kerne sich im Präparat durch Carmin deutlich färbten. Das Gewebe der Unterhautkanäle ist ziemlich resistent; wo durch Mazerationsverfahren bereits die Cutis in ihre Fasern zerfällt, lässt es sich noch zusammenhängend isoliren; es setzt sich an die äussere Chordascheide an und ist wohl als ein Stützorgan der Kopfflosse (ebenso in der Schwanzflosse) aufzufassen; seine histologische Entstehung ist wohl auf grosse verästelte Bindegewebszellen zurückzuführen, worauf nament-

lich das Gewebe der sogen. Lippen (l) hinweist. Nach oben folgt sodann die Cutis als stark lichtbrechender Saum, der das einschichtige Cylinderepithel sammt den eingesprengten Fühlzellen trägt.

In $^1/_{500}$ ist die Chordaspitze gezeichnet, ihre Kerne hatten sich durch Hämatoxylin sehr deutlich gefärbt; sie erscheinen nicht immer abgerundet, sondern häufig nach der Chordascheide abgeflacht nach innen zugespitzt. Die ebenfalls in $^1/_{500}$ ausgeführten Unterhautkanäle zeigen meist unregelmässige Umrisse ihrer Entothelkerne und manchmal undeutliche Contouren dieser Zellen; ihr Verlauf ist ähnlich wie oben; sie ziehen schief nach unten zum Mundtentakelring und gehen hier in die sternförmig verästelten vielfach kommunizirenden mit deutlichen Kernen versehenen Zellen der Lippen über.

Bei O ist die feinere Struktur der Cutis angegeben, wie solche bei den Mazerationspräparaten mit Ueberosmiumsäure und Glycerin deutlich wird, als ein äusserst fein geflochtenes Fasersystem, das sich auf 2 zu einander rechtwinkelig stehende Axen zurückführen lässt; von Stelle zu Stelle erscheinen die von Langerhans angegebenen Spaltenkreuze, welche in ihren Kreuzungspunkten die Stellen als feine Löcher markiren, an denen feinste Nervenfasern die Cutis durchbrechen; diese Spaltenkreuze erklären sich leicht durch die mechanische Wirkung der Nerven auf das in rechtwinkeligem Fasersystem construirte Cutisgewebe.

Zu oberst erscheinen 4 Kreuze, welche von einem Nerven versorgt werden; die Nervenäste setzen sich unter einem Kreuz meist scharf von dem viel feineren die Cutis durchbrechenden Endfädchen ab. Schliesslich folgen noch

Epithelzellen, bei Z in Flächenansicht, längs des untern Randes in Profil (in $^{500}/_{1}$).

Es sind dabei sowohl von den gewöhnlichen Epithelzellen als den »Fühlzellen« die wesentlichsten Formen gezeichnet; auf ihre Formverschiedenheiten ist im Text näher eingegangen.

Die Pigmentzellen auf der Flächenansicht zerstreuen sich in den verschiedensten Tönen in nicht zu enträthselnder Unregelmässigkeit.

Erläuterung der Buchstaben in Figur 1:

m Stammesmuskulatur	e Elastisches Kammersystem
c Chorda dorsalis	u Unterhautkanäle
n Centralnervenrohr	l Lippen
I u. I' erstes Nervenpaar } linker	o Cutisgewebe
II zweites Nervenpaar } Arm.	z Epithelzellen.

Fig. 2. Verbreitung des I. und II. Nervenpaars gezeichnet nach einem mit Osmiumsäure behandelten und in Glycerin durchsichtig gemachten kleinen Exemplare.

Die Figur kehrt dem Beschauer ihre rechte Seite zu:

Die rechts gelegenen Nervenäste des I. Paars sind dunkel gestrieselt;

die rechts gelegenen Aeste des II. Paars sind schwarz ausgeführt;

die linken des I. Paars hell gestrieselt;

die linken des II. Paars endlich sind nur hell contourirt.

Die links gelegenen Nervenäste sind soweit gezeichnet, als es die Durchsichtigkeit des Präparates erlaubte.

Die Figur ist schematisch; die peripherischen Ganglienzellen sind meist weggelassen (siehe dafür Figur 1); die Art der Verästelung aber ist getreu nach der Natur ge-

zeichnet; doch variirt die Verzweigung in so hohem Grade, dass unter 12 Thieren kaum 2 mit gleicher Nervenausbreitung gefunden werden möchten.

Fig. 3. Vordertheil eines kleinen Amphioxus von $1{,}5^{Cm.}$ Länge mit weit verbreiteter Pigmentirung; einzelne Pigmentgruppen ragen zurück bis in das Gebiet des IV. Nervenpaars.

In jeder einzelnen Pigmentzellengruppe wechseln die verschiedensten Farbentöne in ganz unregelmässiger Vertheilung ab; nach aussen bemerkt man meist ein allmäliges Verschwimmen der Färbung. Die Zellen an den dunkelsten Stellen sind mit Pigmentkörnern vollständig angefüllt; an den hellsten enthalten die Zellen nur spärliche Körnchen.

Fig. 4, 5 und 6 sind Zeichnungen des vordern Endes des Centralnervensystems nach Präparaten, welche mittelst 20% Salpetersäure gewonnen wurden (Langerhans a. a. O. Seite 294).

Fig. 4. Das Gehirnende von der Seite gesehen. Der Riechnerv erscheint als ein feiner Fortsatz, welchem auf ein Stück die Höhlung des Ventrikels folgt; das I. Nervenpaar entspringt an der Basis des Vorderendes.

Fig. 5. Der Gehirntheil mit den Nervenpaaren I und II von der Basis aus gesehen.

Fig. 6. Die vorige Figur stärker vergrössert. Der Pigmentfleck zerfällt in eine zusammenhängende Parthie und in zerstreutes Pigment.

Die Figuren 4 und 6 zeigen eine trichterförmige Fortsetzung des Ventrikels nach der Wimpergrube hin, wodurch diese Stelle sehr an das embryonale Loch des Medullarrohrs erinnert.

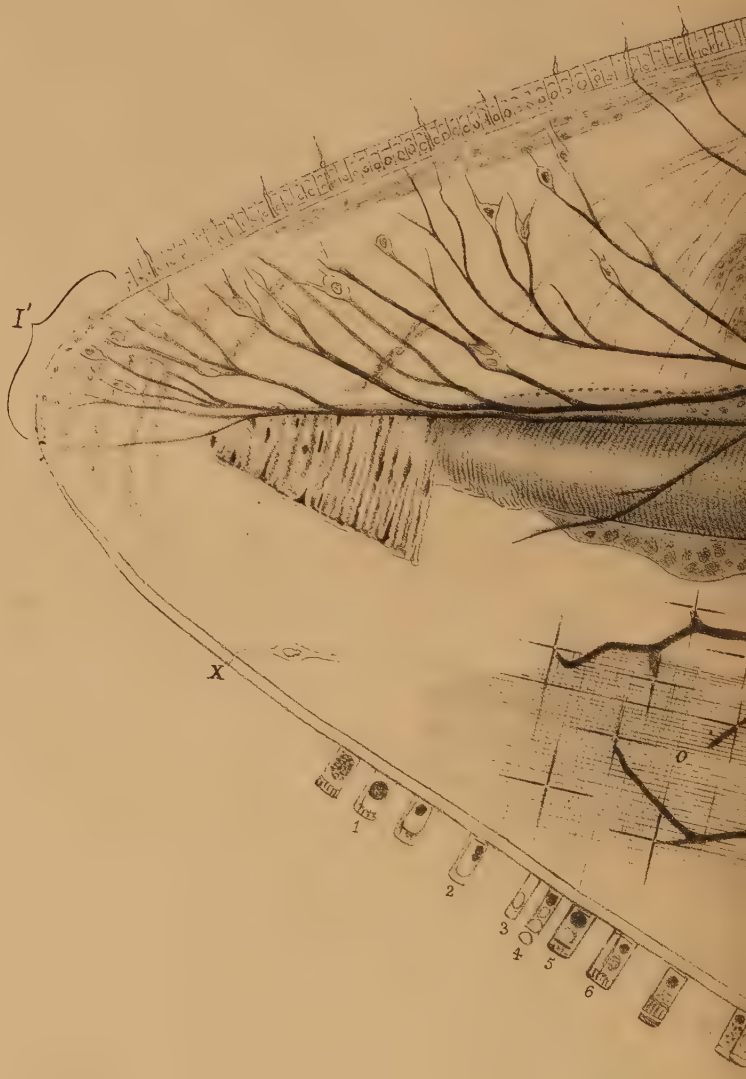
Fig. 7. Querschnitt durch das Vorderende in der Gegend des Pigmentflecks. Derselbe bildet eine schiefliegende spindelförmide Masse; an der Basis des Gehirns liegen einzelne Pigmentkörner.

Fig. 8. Längsschnitt; derselbe geht senkrecht auf die Mediane des Körpers, aber etwas schief von unten hinten, nach oben vornen, so dass der obere Theil der Vorderwand des Ventrikels getroffen ist.

Die Pigmentirung zerfällt in 2 Gruppen: die eine liegt im Epithel der Wand, die andere zwischen der Wand und der Umhüllung des Gehirns.

Fig. 9. Horizontaler Längschnitt; die Hauptmasse des Pigmentflecks gehört dem einen Stamm des I. Nervenpaars an.

Fig. 10. Horizontaler Längsschnitt. Die Pigmentmassen begleiten hufeisenförmig die innern Flächen am Ursprung des I. Nervenpaars; vereinzelte Körner erstrecken sich sowohl zum Gehirn, als weiter nach vorn in die Nerven.



O. Nüsslin del.

1.

Baumann lith.